



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Möjligheter och utmaningar med mykorrhiza i produktion av amerikanska tranbär

Opportunities and challenges with mycorrhiza in the production of
American cranberries

Sally Kanger



Möjligheter och utmaningar med mykorrhiza i produktion av amerikanska tranbär

Opportunities and challenges with mycorrhiza in the production of American cranberry

Sally Kanger

Handledare: Siri Caspersen, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Lotta Nordmark, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatexamen i trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX0495

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör:odling - kandidatprogram

Examen: Trädgårdsingenjör, kandidatexamen i trädgårdsvetenskap

Ämne: Trädgårdsvetenskap

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2018

Omslagsbild: Sally Kanger

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: ericoid mykorrhiza, amerikanska tranbär, *Vaccinium macrocarpon*, näringsupptag, resistens mot sjukdomar, resistens mot metallföroreningar

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för biosystem och teknologi

Förord

Jag vill tacka min handledare Siri Casperen, forskare vid Institutionen för biosystem och teknologi SLU. Hon har stött mig genom mitt arbete och förklarat många svåra begrepp inom mykorrhiza och biologi för mig.

Jag vill också tacka Sven Olsson, en av Sveriges få tranbärsodlare. Han lät mig komma på besök och visade mig runt, och svarade på alla mina frågor. Hans expertis har lärt mig mycket om hur en tranbärsodling fungerar.

Alnarp 2018

Sally Kanger

Sammanfattning

Amerikanska tranbär (*Vaccinium macrocarpon*) är ett vanlig kommersiellt bär som har potential att odlas i större omfattning i Sverige. Dess rötter bildar frekvent symbios med speciella svampar i jorden, en symbios som kallas ericoid mykorrhiza (ErM). ErM är vanligt i jordar med låga pH-värden, höga kol/kväve kvoter och långsam eller ingen nitrifikation. Det finns en stor genetisk variation bland de svampar som bildar ericoid mykorrhiza. Denna mångfald håller fortfarande på att studeras.

Koloniseringen av mykorrhiza påverkas av flera faktorer. Regn och luft förorenat med ammonium och ammoniumsulfat har en negativ effekt på mykorrhiza. Några vanliga besprutningsmedel mot diverse svampsjukdomar, propiconazole och azoxystrobin, visade sig inte påverka mykorrhiza negativt. ErM påverkar förmågan att ta upp näring hos tranbär och andra växter inom samma familj. ErM ger också en viss resistens mot metallföroreningar i jorden samt mot svamppatogenerna *Phytophthora* spp. och *Pythium* spp.

Abstract

American cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) is a common commercially grown berry that has potential to be cultivated to a larger extent in Sweden. It's roots frequently form symbiosis with special fungi in the soil, a symbiosis called ericoid mycorrhiza (ErM). ErM is common in soils with low pH values, high carbon/nitrogen ratio and slow or no ongoing nitrification. There are large genetic variations within the fungi who form ericoid mycorrhiza. This diversity is still being studied.

The colonization of mycorrhiza is affected by several factors. Rain and air contaminated with ammonium and ammonium sulfate has a negative effect on mycorrhiza. Some common fungicides, propiconazole and azoxystrobin, did not appear to affect mycorrhiza negatively. ErM affects the ability to obtain nutrition in cranberry and other plants within the same family. ErM also gives a certain resistance against metal contaminations in the soil as well as against the fungal pathogens *Phytophthora* spp. and *Pythium* spp.

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| Introduktion..... | 6 |
| Syfte | 7 |
| Frågeställning..... | 7 |
| Material och metodik | 7 |
| Resultat..... | 8 |
| 1. Odling av amerikanska tranbär | 8 |
| 2. Ericoid mykorrhiza | 10 |
| 2.1 Markförhållanden..... | 11 |
| 2.2 Luftföroreningar..... | 11 |
| 2.3 Växtskyddspreparat..... | 12 |
| 3. Effekten av symbiosen mellan tranbär och mykorrhiza | 12 |
| 3.1 Etablering, tillväxt och skörd..... | 12 |
| 3.2 Näringsupptag | 12 |
| 3.3 Resistens mot sjukdomar | 13 |
| 3.4 Resistens mot metallföroreningar | 14 |
| Diskussion..... | 14 |
| Slutsatser | 15 |
| Referenser | 16 |

Introduktion

Amerikanska tranbär (*Vaccinium macrocarpon*) är en art från blåbärssläktet *Vaccinium* i ljungfamiljen *Ericaceae*. Det är en surjordsväxt som växer vilt på torvmossar i USA:s norra delstater och odlas kommersiellt i norra Amerika och Europa (Hedenberg & Höjvall 1986). Med sina långa rankor bildar de lågväxande tranbären en matta över torvmossen. Den skiljer sig från de två svenska arterna av tranbär, *Vaccinium oxycoccos* och *Vaccinium microcarpum*, med sina stora bär. Härefter kommer termen tranbär alltid hänvisa till amerikanska tranbär.

Som många andra växter i sin familj saknar tranbär rothår (Read 1996, Smith & Read 2008). Istället kallas deras mycket smala rötter ofta för "hårrötter". Rötterna har också ett litet cortex.

Tranbär är ett nyttigt bär som innehåller måttliga mängder av bl.a. C-vitamin och kostfiber (nutritionaldata.self.com 2014). Tranbärsjuice och andra liknande produkter har länge setts som ett bra botemedel mot urinvägsinfektion, men forskare har inte funnit några bevis på att tranbär faktiskt reducerar förekomsten av infektioner (Jepson et al. 2012). Idag studerar forskare om tranbär kan motverka andra sjukdomar som bl.a. tarmcancer (Jin et. al 2017).

Tranbär och andra växter ur familjen *Ericaceae* ingår ofta i en symbios med sporsäcksvampar (Smith & Read 2008). Denna symbios kallas ericoid mykorrhiza. Svamparnas hyfer bildar ett löst nätverk bland växternas rötter. Det är en symbios som gynnar båda, då svampen hjälper växten att ta upp näring och i gengäld förser växten svampen med kol.

Varje mykorrhizatyp har utvecklats till den miljö den växer på, och det stämmer också för ericoid mykorrhiza (Read 1991). Växter med ericoid mykorrhiza återfinns idag framförallt på jordens norra hemisfär, ofta på marker som är mer eller mindre utarmade. Ericoid mykorrhiza kan tidigare ha haft en mycket större dominans på jorden då klimatet var kallare.

Syfte

Målet med kandidatarbetet är att sammanställa vetenskapliga artiklar och publikationer om förutsättningarna för mykorrhizasvamp i tranbärsodlingar, och om tranbär och tranbärsodlare kan gynnas av symbios med mykorrhiza. Syftet är att bidra till ökad kunskap om hur tranbär påverkas av mykorrhiza, med folk som är intresserade av att odla tranbär som målgrupp.

Frågeställning

- Vilka faktorer påverkar symbiosen mellan amerikanska tranbär (*Vaccinium macrocarpon*) och *ericoid mycorrhiza*?
- Vilka fördelar eller möjligheter kan denna symbios innebära för en tranbärsodlare?

Material och metodik

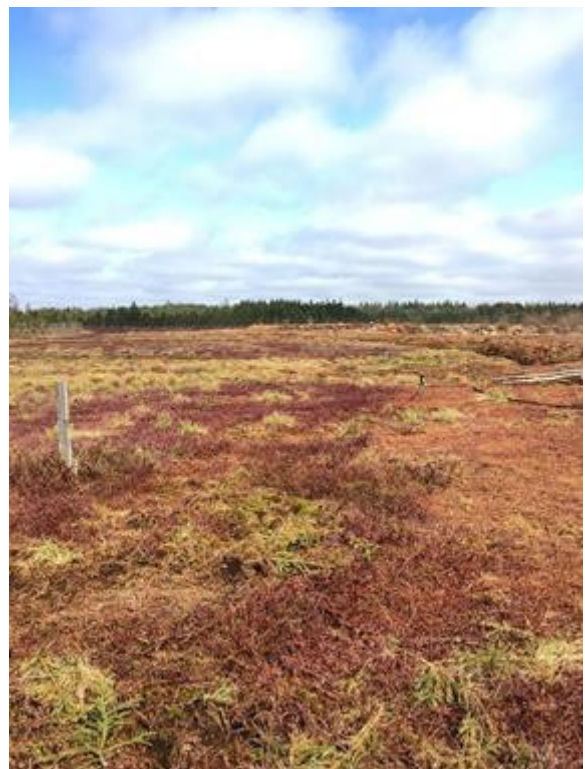
Största delen av materialet kommer från vetenskapliga artiklar som har hämtats från databaser som Primo, Web of science och Google scholar. De sökords som har använts har framförallt varit *ericoid mycorrhiza*, *cranberry*, *vaccinium macrocarpon*, *inoculation* och *mycorrhizal vaccine*. Böcker från Alnarps universitetsbibliotek har också använts som källor.

Då det knappt finns någon kommersiell tranbärsodling i Sverige kommer majoriteten av källorna från utlandet. Många av de studier som refereras till här utfördes i USA och Polen. Alla källor refererar inte till experiment utförda på amerikanska tranbär. Ibland används istället andra växter inom samma familj, bl.a. ljung (*Calluna vulgaris*) och rododendron (*Rhododendron ssp*).

Resultat

1. Odling av amerikanska tranbär

Den första att odla det vilda bäret *V. macrocarpon* var Henry Hall år 1816 (Hedenberg & Höjvall 1986). Först 1850 började odlingen etablera sig i USA, och sedan dess har tranbären förädlats och odlats kommersiellt. Idag odlas det bl.a. i USA, Kanada, Holland och Storbritannien. I Sverige odlas tranbär nästan inte alls, trots goda förutsättningar. Sveriges enda kommersiella tranbärsodling ligger i Markaryd kommun i Skåne och drivs av Sven Olsson (2018).



Figur 1. Sven Olssons tranbärsodling i Skåne. Foton: Sally Kanger, 2018

I Sverige startar odlingssäsongen i april och tar slut i oktober (Olsson 2018). Bären blommar i juni-juli månad, med “vita, svagt rosa blommor”. Bären skördas sent på året, i oktober månad. Bären kan därför behöva bevattnas för frostskydd trots att de klarar sig ner till -2°C . Vart tredje år klipps plantorna ner för att förhindra att de växer för tätt.

Tranbären behöver mycket vatten, men det får inte bli stillastående i marken (Hedenberg & Höjvall 1986). En god dränering är därför ett måste, men den får inte heller bli för effektiv då torven i så fall bryts ned. Ofta sandas torvmarken innan plantering för att binda torvjorden och

underlätta för sticklingar att etablera sig. Detta upprepas senare med 3–5 års mellanrum. Sandlagren brukar ligga runt 5 cm, de får inte bli för tjocka då torvytorna kan bli för hårda.

I USA är det vanligt att skörda bären genom den så kallade våtskördemetoden (Hedenberg & Höjvall 1986). Man fyller fältet med vatten så att bären hamnar under ytan. En maskin går sedan över fältet och “vispar” bort bären från riset. Bären flyter sedan upp till ytan och samlas in.

Sven Olsson var också intresserad av denna metod, men insåg att torven han odlade på var inte tillräckligt stabil i vått tillstånd för att klara av att sådana maskiner gick över den (Olsson 2018). Istället använder han torrskördemetoden, där han går över det torra fältet med en mindre skördemaskin som liknar en stor gräsklippare. Den skakar loss bären och samlar in dem i säckar.



Figur 2. Skördemaskinen som Sven Olsson använder för att skörda tranbär. Foto: Sally Kanger, 2018

Enligt Olsson (2018) var en av de största utmaningarna med odlingen ogräset, som mest bestod av kärrull och ljung. För att bekämpa dessa använde han glyfosatbaserade medel som han strök ovanpå de ovälkomna växterna.

2. Ericoid mykorrhiza



Figur 3. En ericoid mykorrhizasvamp isolerad från ljungväxten *Woollisia pungens*. Foto: Dr. David Midgley, 2006

En ericoid mykorrhiza-rot har karakteriserats som närvaron av mykorrhizasvamp i svullna epidermisceller (Read 1996). I en ericoid mykorrhiza bildar svampens hyfer ett nätverk i rotzonen som penetrerar cellerna hos rötter med en mogen epidermis (Smith & Read 2008). Härefter kommer ericoid mykorrhiza refereras med förkortningen ErM.

Tidigare trodde man att ErM bara involverade en svampart som kallades *Rhizoscyphus ericae* (Smith & Read 2008). Med nya analyser upptäckte man en större genetisk variation inom denna art än vad som tidigare var känt. Variationerna har visat sig inom myceler med olika morfologiska egenskaper och genetiska fingeravtryck (Perotto et. al 1996). I naturen har en mångfald av variationer inom ErM återfunnits på ett enda rotsystem. Hur dessa olikheter har grupperats har berott på vilken exakt taxonomisk bestämning som använts. Det finns bevisning för att den genetiska mångfalden i svampen också reflekterar en variation i funktion (Smith & Read 2008).

ErM-svamp har en förmåga att bryta ner dött material vilket gör den till en organism som kan överleva på egen hand i jorden (Bajwa et. al 1985). Svampens biomassa tar upp en stor del av det potentiellt tillgängliga kvävet i marken, inklusive kvävet som finns i resterna av sina egna

döda vävnader (Kereley & Read 1997). Denna form av återvinning bidrar till bevarandet av jordarna de växer i.

2.1 Markförhållanden

ErM återfinns ofta på platser där urartning av jorden har skett p.g.a. klimatet eller skövling av skog (Read 1991). Markförhållandena karakteriseras med ett lågt pH-värde i jorden, hög kol/kväve kvot och långsam eller ingen nitrifikation. ErM ses därmed som en anpassning för de plantor som växer på dessa utarmade platser (Read 1996). Stor variation visas däremot i de breddgrader de växer i, och hur våta markerna kan vara. De olika förhållandena skapar distinkta säsongsbetonade mönster i hur mykorrhizan växer.

Scagel (2003) undersökte förekomsten av mykorrhiza bland tranbär som växte på mossar i odlingar i södra Oregon, USA. Koloniseringen av mykorrhiza ökade med åldern på mossorna, oavsett om odlingarna var ekologiska eller konventionella. En liknande studie i den amerikanska staten Wisconsin fick däremot ett annat resultat (Kosola & Workmaster 2007). Förekomsten av ErM minskade med odlingens ålder. Kosola & Workmaster föreslog att deras resultat berodde mer på hur jordmånen såg ut i marken och hur nedbrytningen av löv sänkte jordens kol/kväve kvot.

2.2 Luftföroreningar

Föroreningar i luften och nederbörden kan påverka mykorrhizasvampens förmåga att kolonisera rötter (Yesmin et.al 1996). Regn och luft som är förorenat med ammonium och ammoniumsulfat har visat sig ha en negativ effekt på uppkomsten av mykorrhiza.

Vissa studier visar på att det finns en korrelation mellan ErM's förmåga att kolonisera växtrötter och växternas fotosyntes (Olsrud et. al 2004). När koldioxidhalten ökar i atmosfären leder det till en ökad bildning av mykorrhiza. Detta kan bero på att koldioxiden ökar växtens fotosyntes som i sin tur får den att investera mer kol i mykorrhizasvampen.

2.3 Växtskyddspreparat

Tranbärsodlare använder vid behov fungicider för att bekämpa olika svampsjukdomar som attackerar rötter, skott och bär. Kosola & Workmaster (2007) undersökte om fungicider kunde ha en negativ effekt på bildningen av mykorrhizan. Först testade de med medlet Propiconazole som används för att bekämpa svampen tranbärsskål (*Monilinia oxycocci*). Sedan testade de med Azoxystrobin som används mot förruttelse av bären. Ingen av fungiciderna visade sig ha någon märkbar effekt på mykorrhizasvampens förmåga att kolonisera tranbären.

3. Effekten av symbiosen mellan tranbär och mykorrhizasvamp

3.1 Etablering, tillväxt och skörd

För att effektivt kolonisera sina växter med ErM kan man använda ympning. I ett experiment testade Kowal *et. al* (2016) att använda levermossa som en ymp. Levermossa tål både torka och översvämning och är lättare att transportera i bulk, vilket gör det till ett attraktivt material. Levermossa koloniserad med ErM-svampen *Pezoloma ericae* planterades tillsammans med fröplantor och sticklingar från ljung (*Calluna vulgaris*) och klockljung (*Erica tetralix*) som båda kommer från familjen Ericaceae. *P. ericae* koloniserade hårrötterna hos plantorna och bildade ErM. Plantor med ErM överlevde i större grad, etablerade sig bättre, var mer resistenta mot övervattning och hade en ökad tillväxt. Denna effekt var större på klockljung än på ljung.

Ett annat experiment på tranbär bekräftade den positiva effekten ErM har på växternas tillväxt (Michałojć 2015). Tranbär i krukor ympades med svampen *Hymenoscyphus sp. genus* vilket resulterade i signifikant mer skott på plantorna.

3.2 Näringsupptag

Den vanliga synen på rötter är att det är ett organ som absorberar näring i form av mineraler som skapats av jordens olika nedbrytare (Read 1996). Ofta har man bara tolkat mykorrhizas funktioner som ett sätt för roten att expandera sin förmåga att ta upp näring. Senare forskning har dock visat att ErM har förmågan att ta upp näring från dött organiskt material på ett sätt som gör den till en konkurrent mot andra nedbrytare i jorden. Inom rätt pH-nivå (4–5)

producerar mykorrhizasvampen enzymer som bryter ner proteiner till aminosyror (Bajwa et. al 1985).

Mykorrhizasvampen kan bryta ner dött material både från sin egen art och andra obesläktade organismer (Kereley & Read 1997). En del av det organiska kvävet och fosfor från materialet som bryts ner blir då mer tillgängligt för tranbär och andra växter att ta upp (Bajwa et. al 1985, Read & Mitchell 1981). Kosala *et al.* (2007) demonstrerade att när tranbär i hydroponiska system ympades med ErM ökade deras kapacitet att ta upp NO₃ åttafaldigt. Upptagningshastigheten av NO₃ var likartad mellan de ensamma svamphyferna och de koloniserade rötterna, vilket framhäver svampens roll i tranbärs upptag av NO₃.

Fler experiment har visat att när man ympar ErM i en tranbärsodling förbättras tranbärens förmåga att ta upp näringsämnen (Michałojć 2015). Tranbär i krukor blev ympade med ErM, och vid studiens slut hade mängden kväve i bladen ökat med 5.9%, magnesium med 6.2%, kalium med 14% och kalcium med 103.6% jämfört med tranbär utan ErM.

3.3 Resistens mot sjukdomar

I hortikulturell produktion av tranbär och andra Ericaceae-plantor är algsvamparna *Phytophthora* spp. och *Pythium* spp. vanliga problem (Grunewaldt-Stöcker et. al 2003). De skapar stora förluster både i fält och krukor när de infekterar rötter som utvecklar rotröta och senare vissnande skott. Experiment har visat att ErM kan fungera som biologisk bekämpning mot svamppatogener i odling av Ericaceaeväxter (Grunewaldt-Stöcker et. al 2003). I ett experiment med rododendron lyckades mykorrhiza stoppa eller försvaga infektioner från *Phytophthora* och *Pythium*. Mikroskopiska observationer visade att patogenernas hyfer minskade i antal, försvagades och missbildades. Grunewaldt-Stöcker *et. al* föreslog att ericoid mykorrhiza har en antibiotisk effekt mot patogenerna; De släppte ut substanser i rotzonen som kunde störa patogenernas förmåga att infektera rötter. Eftersom algsvampar har cellväggar av cellulosa är det möjligt att den störande effekten kom från ericoid mykorrhizasvampens förmåga att bryta ner cellväggar i hydrolysreaktioner.

Resultatet från Grunewaldt-Stöcker *et. al* ger inget specifikt gränsvärde i hur mycket mykorrhiza som behövs för att bekämpa infekterade platser, men en homogen spridning i rotsystemen är antagligen viktigt nog för att åstadkomma den antibiotiska effekten.

3.4 Resistens mot metallföroreningar

Mycket tyder på att mykorrhiza hjälper tranbär att växa på jordar kontaminerade med metaller, som den inte skulle ha klara av att göra annars. I ett experiment har tranbär fått växa med eller utan ErM i substrat innehållande metaller. De visade sig att tranbären med mykorrhiza hade en större resistens mot höga halter av koppar och zink (Bradley et. al 1982) samt järn och mangan (Hashem 1995ab). Metallerna ansamlade sig i rötterna i stället för skotten, troligtvis då de adsorberades till ytan av svampens hyfer (Bradley et. al 1982, Hashem 1995ab). Denna egenskap ligger troligen till grunden till förmågan hos växter ur familjen Ericaceae att växa på lämningar efter gruvor (Smith & Read 2008).

Diskussion

Ericoid mykorrhiza är en del av anpassningen för tranbär och andra Ericaceae-växter till de extremt näringsfattiga myrar och liknande platser de växer på (Read 1996). I dessa platser är majoriteten av kvävet i marken organiskt bundet och därför inte tillgänglig för tranbärens rötter att ta upp (Olsrud et. al 2004). Mykorrhizasvampens förmåga till att bryta ner organiskt bundet kväve och fosfor gör den till en mycket viktig bundsförvant till tranbär och andra växter ut familjen Ericaceae (Bajwa et. al 1985, Read & Mitchell 1981). De faktum att ericoid mykorrhiza är just specialist på att bryta ner organiskt bundna näringsämnen gör att den frodas på platser som andra sorters mykorrhiza inte klarar av (Read 1991).

Många möjliga positiva effekter på tranbär från ErM har diskuterats. Framförallt visar studier att ErM kan stärka tranbärens vegetativa tillväxt (se rubrik 3.1), förbättra plantornas förmåga att ta upp näring (se rubrik 3.2) och skydda dem mot sjukdomar och metallföroreningar (se rubrik 3.3 & 3.4). Detta kan ses som bra argument för en tranbärsodlare att investera i ErM, särskilt när man har i åtanke att kolonisering av ErM bara behövs göras en gång för att det sen ska bestå för resten av växtens liv (Michałojć 2015). Ett resultat som de flesta odlare söker efter hittades dock inte i denna litteraturstudie, och det var bevis på att ErM har en direkt positiv påverkan på mängden skördade bär (Goulart et. al 1997, Krzewinska et al 2008). Det hittades få studier om ErM och mängden skördade bär i denna litteraturstudie, så detta kan vara ett outforskat ämne. Fler experiment som undersöker sambanden mellan ErM och skördevolymen kan vara till nytta.

De flesta experimenten som utfördes i studierna använde bara en art av ErM-svamp. Bautista *et al.* (2017) testade två olika arter av ErM-svamp i samma experiment och kom då fram till att de presterade olika bra. Detta stämmer med Smith & Read's (2008) teori att mångfalden i genetik hos ErM-svampar också reflekterar en mångfald i funktion. Om man ska ympa ErM i sin odling gäller det alltså att vara noga med vilken svamp man väljer.

Många av studierna som har gjorts för att undersöka effekten av ErM utfördes inte på tranbär utan på andra växter inom samma familj. Om man vill veta mer om hur exakt tranbär påverkas behöver fler experiment utföras.

Slutsatser

- Tranbär och ericoid mykorrhiza har utvecklats tillsammans i en samevolution. Mykorrhizan är en viktig bundsförvant för tranbären i deras utmanande naturliga miljöer.
- Ericoid mykorrhiza har saprotrofiska förmågor och bryter ner organisk näring för tranbären att ta upp och kan förstärka tranbärens vegetativa tillväxt. Det har dock inte hittats någon direkt påverkan på skördevolymen.
- Förmågan att buffra mot metallföroreningar och diverse sjukdomar hjälper tranbären att överleva på jordar som få andra växter skulle klara av.
- De positiva effekter som har observerats från ericoid mykorrhiza gör den något som kan vara intressant för en tranbärsodlare att investera i.

Källor

- Bajwa R, Abuarghub S & Read DJ (1985) *The Biology of Mycorrhiza in the Ericaceae. X. The Utilization of Proteins and the Production of Proteolytic Enzymes by the Mycorrhizal Endophyte and by Mycorrhizal Plants*. New Phytologist. Vol. 101, No. 3, sid. 469–486
- Bautista JM, Posadas L, Urbina J, Larsen J & Segura S (2017) *Colonization by Mycorrhizae in the Production of Cranberry Seedlings in Nursery (Vaccinium spp.) cv Biloxi*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 8, No.3, sid 695–703
- Bradley R, Burt AJ & Read DJ (1982) *The Biology of Mycorrhiza in the Ericaceae. VIII. The Role of Mycorrhizal Infection in Heavy Metal Resistance*. New Phytologist. Vol. 91, No. 2, sid. 197–209
- Goulart BL, Demchak K & Yang WQ (1997) *Effect on Cultural Practices on Field Grown 'Bluecrop' Highbush Blueberries, with Emphasis on Mycorrhizal Infection Levels*. Acta Horticulture. Vol 446.
- Grunewaldt-Stöcker G, von den Berg C, Knopp J & von Alten H (2013) *Interactions of Ericoid Mycorrhizal Fungi and Root Pathogens in Rhododendron: In Vitro Tests with Plantlets in Sterile Liquid culture*. Plant Root. Vol 7, No 0, sid 33–48
- Hashem AR (1995a) *The Role of Mycorrhizal Infection in the Resistance of Vaccinium macrocarpon to Manganese*. Mycorrhiza. Vol. 5, No. 4, sid. 289–291
- Hashem AR (1995b) *The Role of Mycorrhizal Infection in the Tolerance of Vaccinium macrocarpon to Iron*. Mycorrhiza. Vol. 5, No. 6, sid. 451–454
- Hedenberg Å & Höjvall J (1986) *Ekonomiska Förutsättningar för Bärodling i Norrbotten*. Institutionen för fastighetsekonomi, Kungliga tekniska högskolan.

Jepson RG, Williams G & Craig JC (2012) *Cranberries for Preventing Urinary Tract Infections*. The Cochrane Collaboration. Published by John Wiley & Sons, Ltd, 17 oktober 2012.

Jin D, Liu T, Dong W, Zhang Y, Wang S, Xie R, Wang B & Cao H (2017) *Dietary feeding of Freeze-dried Whole Cranberry Inhibits Intestinal Tumor Development in Apcmin/+ Mice*. Oncotarget. Published online 2017, Oct 26.

Kereley SJ & Read DJ (1997) *The Biology of Mycorrhiza in the Ericaceae XIX. Fungal Mycelium as a Nitrogen Source for the Ericoid Mycorrhizal Fungus Hymenoscyphus ericae and its Host Plants*. New Phytologist. Vol. 136, No. 4, sid. 691–701

Kosola K & Workmaster B (2007) *Mycorrhizal Colonization of Cranberry: Effects of Cultivar, Soil Type, and Leaf Litter Composition*. Journal of the American Society for Horticultural Science. Vol. 132, No. 1, sid. 131–141

Kosola KR, Workmaster BA. & Spada PA (2007) *Inoculation of Cranberry (Vaccinium macrocarpon) with the Ericoid Mycorrhizal Fungus Rhizoscyphus ericae Increases Nitrate Flux*. New Phytologist. Vol 176, sid 184–196

Kowal J, Pressel S, Duckett JG & Bidartondo MI (2016) *Liverworts to the Rescue: an Investigation of their Efficacy as Mycorrhizal Inoculum for Vascular Plants*. Functional Ecology. Vol. 30, sid 1014–1023

Krzewinska D, Borkowska B, Treder W & Trynkeul-gac A (2008) *Effect of some Cultural Practices on Growth and Yield of Cranberry (Vaccinium macrocarpon Ait.): Preliminary Study*. Proceedings of international scientific conference “Sustainable Fruit Growing: From Plant To Product”, May 28–31, 2008. Dobeles, Lettland

Michałojć Z & Koter M (2015) *Effect of Fertilization and Mycorrhization on Growth and Nutritional Status of Cranberry (Vaccinium macrocarpon Ait.) in the Nursery*. Journal of Horticultural Research. Vol 23, No 1, sid 49–56

Nutritiondata.self.com (2014) *Cranberries, Raw Nutrition Facts & Calories*.
<http://nutritiondata.self.com/facts/fruits-and-fruit-juices/1875/2> (Hämtad 2018-05-17)

Olsrud M, Melillo JM, Christensen TR, Michelsen A, Wallander H & Olsson PA (2004).
Response of Ericoid Mycorrhizal Colonization and Functioning to Global Change Factors.
New Phytologist. Vol 162, No 2, sid 459–469

Olsson, S. Samtal 2018–04–19

Perotto S, Actis-Perino E, Perigini J & Bonfante P (1996) *Molecular Diversity of Fungi from Ericoid Mycorrhizal Roots*. Molecular Ecology. Vol. 5, No 1, sid. 123–131

Read DJ & Mitchell DT (1981) *Utilization of Inorganic and Organic Phosphates by the Mycorrhizal Endophytes of Vaccinium macrocarpon and Rhododendron ponticum*. Trans. Br. mycol, Soc. Vol 76, sid. 255–260

Read DJ (1991) *Mycorrhizas in Ecosystems*. Experientia. Vol 47, sid 376–391

Read DJ (1996) *The Structure and Function of the Ericoid Mycorrhizal Root*. Annals of Botany. Vol. 77, No. 4, sid. 365–374

Scagel CF (2003) *Mycorrhizal Status of Sand-Based Cranberry (Vaccinium macrocarpon) Bogs in Southern Oregon*. Small Fruits Review. Vol 2, No 1, sid 31–41

Smith SE & Read DJ (2008) *Ericoid mycorrhizas*. Mycorrhizal symbiosis (Third edition)
Kapitel 11, sid 389–418

Yesmin L, Gammack SM & Cresser MS (1996) *Effects of Atmospheric Nitrogen Deposition on Ericoid Mycorrhizal Infection of Calluna vulgaris Growing in Peat Soils*. Applied Soil Ecology. Vol. 4, No. 1, sid. 49–60